

基于灰色关联度法河口地区土壤盐分影响因子分析

张同娟, 杨劲松*, 刘广明, 杨奇勇

(中国科学院 南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

摘要:通过对长江河口地区耕层及犁底层土壤电导率及其影响因子的连续动态监测,利用灰色关联分析建立了长江河口地区2006~2007年耕层及犁底层土壤电导率与各影响因素间的关联度。关联度分析结果表明:耕层:地下水位埋深>蒸发量>地下水电导率>内河水电导率>降雨量>江水电导率;犁底层:地下水位埋深>地下水电导率>降雨量>蒸发量>江水电导率>内河水电导率。表明地下水位是影响耕层及犁底层土壤盐分动态最为活跃、最为直接的因素;对于耕层土壤其次是蒸发量和地下水电导率与其关联度较大,降雨增加了表层土壤盐分的淋洗,在很大程度上可降低耕层土壤盐分的含量。地下水电导率、蒸发和降雨量对犁底层土壤盐分都有很强的影响且三者比较接近。本研究表明灰色关联度分析方法简单易行是土壤盐分影响因子分析的理想方法。

关键词:河口地区;灰色关联度;土壤电导率;影响因子

中图分类号:S151.9 **文献标识码:**A **文章编号:**0564-3945(2010)04-0793-04

长江河口地区优越的地理位置和自然条件对发展农林牧渔经济十分有利,但生态环境也较脆弱,盐渍化是制约河口地区农业生产发展的主要障碍因子之一。由于处于长江沿岸土壤盐分变化除受人为因素的影响外,自然环境的变化也对其产生不同程度的影响^[1,2]。因此,对影响土壤盐分变化因子的研究是改善土壤质量防止盐渍化发生的前提。近年来灰色系统理论广泛应用于农业生产中,如灾变预测、风险评估和土壤肥力评价等方面^[3-9],但关于土壤盐渍化方面的研究还未见报道,鉴于影响土壤盐分含量的因素很多,在其评价上具有一定的模糊性,因此我们应用灰色系统理论的关联度分析方法对其进行研究。

本文通过对河口地区表层土壤电导率与各影响因素的关联分析,建立了土壤电导率与各影响因子的关联度,从而确定各因子对土壤盐分含量影响的大小,为制定合理的区域农田水土管理策略提供科学的依据。

1 研究区的概况及研究方法

1.1 研究区概况

江苏省启东市地处黄海之滨,长江三角洲前缘江口北岸,东北两面环海,南与崇明县半江之隔,西与海门接壤。研究地点位启东市寅阳镇,距离长江入海口4 km,地理位置121°48'41"~121°53'36"E,31°41'24"~31°44'13"N。受季风环流影响和海洋调节,形成独特的海洋性季风气候环境。具有四季分明、气候温和、热量丰富、雨

量充沛、大气中水分含量高、无霜期比较长等特点。年均气温14.9℃,降水量1031.1 mm,蒸发量变1364 mm。该区地处长江入海口,地势低平,地下水位埋深在1 m左右,水盐排泄不畅;同时,地下水矿化度较高,一般2~5 g L⁻¹,沿海地带5~10 g L⁻¹,局部>10 g L⁻¹;河口地区土壤含盐量较高,一般2~4 g kg⁻¹,沿海地带10~20 g kg⁻¹,加之海潮入侵的影响,生态环境较为脆弱,长期以来涝渍和盐碱一直是本区农业生产发展的潜在威胁。

1.2 研究方法

动态监测实验:在长江入海口处布置土壤水盐动态监测点,开展土壤水盐动态监测工作。各监测点分别在10、20、40、60、80、120 cm处安装盐分传感器监测土壤电导率;各测点地下水位、水质观测井安装深度185 cm;分别测定各断面的长江水和内河水电导率。各种数据的监测频率为每5天测定一次。收集该地区每天的降雨量和蒸发量数据。本研究中数据来自2006年1月至2007年12月位处长江入海口门处的寅阳1号监测点。

2 灰色系统理论的应用

2.1 基本原理

灰色系统理论^[10](Grey System Theory)于20世纪80年代前期由华中理工大学邓聚龙教授提出。灰色关联度分析方法是在灰色系统的基础上用关联度的大小描

收稿日期:2009-03-11

基金项目:中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-YW-08-01-02)、国务院三峡办项目(SX[2007]-005)、国家自然科学基金项目(40601100)和国家“863”计划项目课题(2007AA091702,2006AA10A301)资助

作者简介:张同娟(1981-),女,河南人,博士研究生。E-mail:tjzhang@issas.ac.cn

*通讯作者:E-mail:jsyang@issas.ac.cn

述系统发展过程中因素间相对变化情况。灰色关联度的原理是:若干个统计数列所构成的各条曲线几何形状越接近,即越相平行,则它们的变化趋势越接近,其关联度就越大。关联序反映各评价对象对理想对象(参考对象)的接近次序,即评价对象的优劣次序,其中关联度最大的评价对象为最佳。因此,可利用关联序对评价对象进行排序,以对评价对象进行比较。

2.2 原始数据变换

评价指标无量纲化^[7,9],即由于系统中各因素的量纲(或单位)不一定相同,对原始数据需要消除量纲(或单位),转换为可比较的数据序列。由于各子序列对母序列的作用不一,对于正向指标: $y_i=x_i/x_0$,逆向指标: $y_i=1-x_i/x_0$,其中, x_i 为子序列的实际值, x_0 为子序列的最大值。本文采用的是均值化变换:

先分别求出转换后的各个序列的平均值,再用平均值去除对应序列中的各个原始数据,所得到的新的数据列,即为均值化序列。

2.3 计算关联系数

经数据变换的母数列记为 $\{X_0(t)\}$,子数列记为 $\{X_i(t)\}$,则在时刻 $t=k$ 时母序列 $\{X_0(k)\}$ 与子序列 $\{X_i(k)\}$ 的关联系数 $L_{\alpha}(k)$ 可由下式计算:

$$L_{\alpha}(k) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (1)$$

式中:

$L_{\alpha}(k)$ —第 i 个因素在第 k 个评价区域对参考指标的关联系数, ρ —分辨率, 本文取值 0.5;

表 1 各指标月均监测值

Table 1 Tested value of different indices in every month

月份 Months	地下水埋深 Ground water depth (cm)	降雨量 Precipitation (mm)	蒸发量 Evaporation (mm)	江水电导率 River EC (mS cm ⁻¹)	内河水电导率 Freshwater EC (mS cm ⁻¹)	地下水电导率 Groundwater EC (mS cm ⁻¹)	20cm 深度土壤电导率 Soil EC of 20cm (mS cm ⁻¹)	40cm 深度土壤电导率 Soil EC of 40cm (mS cm ⁻¹)
1	50.67	30.6	12.8	38.82	2.93	4.02	3.56	2.11
2	57.67	19.8	19.5	36.18	2.94	3.52	3.60	1.70
3	66.83	21.9	31.8	31.46	3.17	3.72	3.89	0.78
4	63.83	28.5	40.1	30.53	3.25	3.43	3.95	1.09
5	88.17	22.3	52.5	29.13	3.41	3.89	6.15	2.15
6	66.08	33.6	50.4	26.50	2.69	3.94	6.48	1.97
7	58.92	67.5	57.5	21.82	1.78	2.69	4.70	3.91
8	116.17	28.4	75.6	19.07	1.95	3.73	6.03	4.41
9	74.17	34.7	42.0	32.26	2.10	4.27	3.74	3.13
10	84.25	13.5	39.9	31.81	2.79	4.52	3.84	3.13
11	71.42	25.0	27.1	37.45	3.59	5.13	3.24	2.59
12	60.33	8.8	16.2	38.97	3.55	5.00	3.14	2.25

20 cm 深度土壤电导率与各相关因子:

$G(1,1)=0.8002$, $G(1,2)=0.6821$, $G(1,3)=0.7550$,
 $G(1,4)=0.6668$, $G(1,5)=0.6882$, $G(1,6)=0.7147$

$\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)|$, $\max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|$ —分别表示 i , k 中两极最小差和两极最大差。

2.4 求关联度

关联度的分析实质上是对时间序列数据进行几何关系比较,两序列的关联度以两比较序列各个时期的关联系数之平均值计算,即:

$$\gamma_{\alpha} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N L_{\alpha}(k) \quad (2)$$

式中: γ_{α} 为子序列 i 与母序列 0 的关联度, N 为比较序列的长度(即数据个数)。

2.5 排关联序

将 m 个子序列对同一母序列的关联度按大小顺序排列起来,便组成关联序,记为 $\{X\}$ 。它直接反映了各个子序列对母序列的“优劣”关系。

2.6 列出关联矩阵

关联度矩阵(简称为关联矩阵),不仅可以作为优势分析的基础,而且可以作为决策的依据。

3 结果与分析

通过灰色关联分析,表明各因子对土壤电导率动态变化的作用大小,最后根据关联度公式算出 Y 与 k_i 的关联度。

3.1 各项指标年内月均监测值的变化情况

3.2 原始数据的无量纲化处理

3.3 关联度的计算

由关联度计算公式得到如下结果:
关联度:

40 cm 深度土壤电导率与各相关因子:

$G(1,1)=0.7633$, $G(1,2)=0.7153$, $G(1,3)=0.7197$,
 $G(1,4)=0.6392$, $G(1,5)=0.5978$, $G(1,6)=0.7306$

表 2 各项指标标准化值

Table 2 Standardized value of indices

<i>i</i>	<i>k</i> =1	<i>k</i> =2	<i>k</i> =3	<i>k</i> =4	<i>k</i> =5	<i>k</i> =6	Y_{2cm}	Y_{40cm}
1	0.7082	1.0971	0.3303	1.2455	1.0305	1.0072	0.8158	0.8665
2	0.8061	0.7111	0.5038	1.1607	1.0320	0.8837	0.8256	0.6982
3	0.9342	0.7852	0.8190	1.0094	1.1131	0.9326	0.8917	0.3203
4	0.8923	1.0213	1.0350	0.9797	1.1429	0.8597	0.9055	0.4476
5	1.2324	0.7997	1.3539	0.9345	1.1988	0.9763	1.4098	0.8830
6	0.9237	1.2048	1.2984	0.8503	0.9456	0.9878	1.4872	0.8090
7	0.8235	2.4204	1.4832	0.7002	0.6256	0.6734	1.0787	1.6057
8	1.6238	1.0178	1.9499	0.6119	0.6848	0.9349	1.3831	1.8111
9	1.0367	1.2431	1.0835	1.0351	0.7392	1.0708	0.8586	1.2854
10	1.1776	0.4855	1.0282	1.0208	0.979	1.1337	0.8806	1.2854
11	0.9983	0.8969	0.6976	1.2016	1.2609	1.2854	0.7426	1.0637
12	0.8433	0.3171	0.4172	1.2503	1.2477	1.2543	0.7209	0.9240

关联序:

20 cm 深度土壤电导率与各相关因子的关联序:

$k1 > k3 > k6 > k5 > k2 > k4$

40 cm 深度土壤电导率与各相关因子的关联序:

$k1 > k6 > k3 > k2 > k4 > k5$

关联矩阵:

20 cm 深度: [0.8002 0.6821 0.7550 0.6668
0.6882 0.7147]

40 cm 深度: [0.7633 0.7153 0.7197 0.6392
0.5978 0.7306]

由关联分析可知,6种影响因子与耕层及犁底层土壤电导率关联度的排列顺序分别为:地下水位埋深 > 蒸发量 > 地下水电导率 > 内河水电导率 > 降雨量 > 江水电导率;地下水位埋深 > 地下水电导率 > 降雨量 > 蒸发量 > 江水电导率 > 内河水电导率。说明地下水位是影响研究区土壤盐分含量最为活跃、最为直接的因素,由于河口地区地处滨海,地下水埋深较浅,毛细作用强烈,随季节的变化,地下水位成为影响土壤盐分变化的主要因素。对于耕层土壤其次是蒸发量和地下水电导率与其关联度较大,降雨增加了表层土壤盐分的淋洗,在很大程度上可降低耕层土壤盐分的含量。地下水电导率、蒸发和降雨量三者对犁底层土壤盐分都有很强的影响且比较接近。

长江河口地区位于感潮江段,受潮汐影响,江水位每日有较大的变动,江水位的变化引起内河水位、地下水位的变化,进而引起土壤盐分的变化。

4 结论

河口地区各影响因子与耕层及犁底层土壤电导率关联度的排列顺序分别为:地下水位埋深 > 蒸发量 > 地下水电导率 > 内河水电导率 > 降雨量 > 江水电导率;地下水位埋深 > 地下水电导率 > 降雨量 > 蒸发量 > 江水电导率 > 内河水电导率。说明地下水位是影响

研究区土壤盐分含量最为活跃、最为直接的因素,由于河口地区地处滨海,地下水埋深较浅,毛细作用强烈,随季节的变化,地下水位成为影响土壤盐分变化的主要因素。对于耕层土壤其次是蒸发量和地下水电导率与其关联度较大,降雨增加了表层土壤盐分的淋洗,在很大程度上可降低耕层土壤盐分的含量。地下水电导率、蒸发和降雨量三者对犁底层土壤盐分都有很强的影响且比较接近。由此可知地下水位和地下水电导率二者是影响土壤盐渍化最为关键的因素。

因此,在雨季(6~9月)为了降低地下水水位,减少盐渍和盐碱的危害,保证土壤向脱盐的方向发展,必须采取以水利为先导,以排水为主体的农田水利措施;在秋、冬降雨少的季节,应加强灌溉洗盐,使土壤盐分处于平稳状态。

本研究表明灰色关联度分析方法简单易行,是土壤盐分影响因子分析的理想方法,也是多因素决策分析的实用方法。

参考文献:

- [1] 余世鹏,杨劲松,刘广明,等.长江河口地区土壤水盐动态特点与区域土壤水盐调控研究[J].土壤通报,2008,39(5):1110-1114.
- [2] 余世鹏,杨劲松,刘广明,等.三峡调蓄过渡期长江河口地区不同水文年土壤水盐变化特征[J].长江流域资源与环境,2008,17(3):414-418.
- [3] 杨奇勇,毛得华,常疆,等.湖南省农业干旱水资源风险评价[J].湖南师范大学自然科学学报,2008,31(1):125-129.
- [4] 杨奇勇,冯发林,巢礼义.多目标决策的农业抗旱能力综合评价[J].灾害学,2007,22(2):5-8.
- [5] 杨奇勇,李景保,王克林.湖南省水资源开发利用程度综合评价[J].水土保持通报,2007,27(2):150-153.
- [6] 蒋文伟,愈益武,姜培坤.湖州主要森林类型土壤肥力的灰色关联度分析与评价[J].生态学杂志,2002,21(4):18-21.
- [7] 李月芬,汤洁,林年丰,等.灰色关联度法在草原土壤质量评价中的应用[J].吉林农业大学学报,2003,25(5):551-556.
- [8] 李博.中国北方草地退化及其防治对策[J].中国农业科学,1997,30(6):1-9.

- [9] 韩晓,何明,李金林,等. 基于灰色关联度的科研项目风险评价方法[J]. 北京理工大学学报, 2002, 22(6): 778 - 781.
- [10] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1987.

Application of Grey System Theory Evaluating the Influencing Factors of soil Salinity

ZHANG Tong-juan, YANG Jing-song, LIU Guang-ming, YANG Qi-yong
(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu 210008, China)

Abstract: Dynamic monitoring the topsoil and plow pan soil Electrical Conductivity (EC) and the influencing factors continuously in the Yangtze River Estuary, the degree of association of soil EC and the influencing factors was established by applying the theory and method of grey system in 2006 - 2007. The results showed that the degree of association in topsoil was Ground water depth >Evaporation >Groundwater EC >Freshwater EC >Precipitation >River water EC, and in plow pan soil was Ground water depth >Groundwater EC >Precipitation >Evaporation >River water EC >Freshwater EC. The water table was the most active and straightforward factor to topsoil EC and plow pan EC. For the topsoil the evaporation and Groundwater EC were the second influence factors, the precipitation increased the leaching and could lower the topsoil salinity content. For the plow pan soil, Groundwater EC, Precipitation and Evaporation all had big correlation. In addition the three factors' value was similar. So the grey system method is simple and ideal method to analyze the soil salinity.

Key words: Estuary area; Grey correlation analysis; Soil EC; Effected factors